

# ESTUDO DA PRECIPITAÇÃO ASSOCIADA AOS SISTEMAS FRONTAIS NA CIDADE DO RIO GRANDE NA ESTAÇÃO DO INVERNO

Fabiane Pereira Britto<sup>50</sup>  
Jaci Maria Bilhalva Saraiva<sup>51</sup>

**Resumo:** Este estudo foi desenvolvido através da análise estatística de uma série temporal que compreende onze anos de dados. Foi avaliado o total de precipitação que ocorre por consequência dos sistemas frontais. Esta variável foi distribuída em intervalos de classes com sua respectiva frequência de ocorrência. Os sistemas frontais são fenômenos atmosféricos que causam variações simultâneas nos campos de pressão atmosférica, temperatura e umidade do ar. No presente estudo, foram consideradas as variações da pressão atmosférica, temperatura e umidade do ar nos intervalos de classes da precipitação. Através da análise de componentes principais, foi possível encontrar as variáveis meteorológicas que mais influenciam nas precipitações associadas aos sistemas frontais, a temperatura e a pressão atmosférica juntas explicam 91,89% da variabilidade dos dados. Foi realizada, também, análise da influência dos sistemas frontais nas taxas de precipitação em anos com e sem El Niño. As conclusões desta pesquisa mostram que 93% da taxa de precipitação da estação de inverno, é consequência dos sistemas frontais e que as anomalias de precipitação ocorrem preferencialmente devido a dois fatores: o fenômeno El Niño e os bloqueios atmosféricos.

**Palavras chaves:** Sistemas frontais, precipitação, pressão atmosférica, temperatura, umidade específica do ar.

## STUDY OF PRECIPITATION ASSOCIATED TO THE FRONTAL SYSTEMS IN RIO GRANDE CITY AT WINTER SEASON

**Abstract:** This study was carried out using statistical analysis of a temporal series which includes data collected during eleven years. The total precipitation that occurs due to frontal systems was evaluated. The frontal systems are atmospheric phenomena, which cause simultaneous variation in the atmospheric pressure, temperature, and air humidity. Variations of atmospheric pressure, temperature, and air humidity in the class intervals of the precipitation were taken into consideration. Through principal

<sup>50</sup> Bacharel em Geografia pela Fundação Universidade Federal do Rio Grande FURG.  
E-Mail: [fabianebritto@bol.com.br](mailto:fabianebritto@bol.com.br)

<sup>51</sup> Professora do Departamento de Geociências da FURG. Laboratório de Geografia, Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Avenida Itália Km 8. Caixa Postal: 474. CEP. 96201-200, Câmpus Carreiros. Rio Grande (RS). E-mail: [dgejaci@super.furg.br](mailto:dgejaci@super.furg.br)

components analysis, it was possible to find the meteorological variables that have more influence in the precipitation associated to the frontal systems, which are the atmospheric temperature and pressure. Together, they explain 91.89% of the series variability. The influence of the frontal systems on the precipitation rates in years with and without El Niño was also analyzed. It was demonstrated that 93% of the precipitation rate in winter is a consequence of frontal systems. The anomalies in precipitation happen specially due two factors: the El Niño phenomena and atmospheric blockages.

**Key words:** frontal systems, precipitation, atmospheric pressure, temperature, specific air humidity.

## 1. Introdução

O Brasil é afetado por sistemas frontais que atuam durante todo o ano e são um dos maiores causadores de distúrbios do campo de precipitação sobre a Região Sul do país, sendo o cotidiano da sociedade o mais afetado por seus extremos. Em anos recentes, chuvas intensas no sul do Brasil têm causado enchentes, devastação na agricultura, destruição de casas, pontes, redes de comunicação e deixado milhares de desabrigados. Assim como as estiagens, que afetam a geração de energia, causam problemas com abastecimento de água e enormes perdas na agricultura.

Segundo Berlato (1992), a Região Sul do Brasil é uma das regiões mais industrializadas e economicamente mais desenvolvidas, com sua economia baseada principalmente na agricultura, a qual contribui com cerca de 57% da produção de grãos, sendo 78% em soja, 87% do trigo, 34% do arroz, 57% milho e 34% feijão. A atividade industrial na região, como a geração de energia, agricultura de grãos e pecuária, é extremamente dependente dos recursos hídricos disponíveis. Logo, variações no regime de precipitações tem um notável impacto na economia. Portanto o estudo dos distúrbios atmosféricos e sua conseqüente influência no campo da precipitação são de extrema importância para a Região Sul do Brasil.

O presente trabalho teve como objetivo estudar os sistemas frontais que atuam na cidade do Rio Grande, classificando a precipitação em frequência de classe e tentando encontrar correspondência com a intensidade dos sistemas frontais. Adicionalmente, foram identificadas quais as variáveis meteorológicas que mais influenciam na precipitação associada aos sistemas frontais. Finalmente, foi determinada a influência do fenômeno El Niño sobre este tipo de precipitação.

## 2. Sistemas Meteorológicos que Afetam a Região Sul do Brasil

A Região Sul do Brasil é afetada por vários sistemas sinóticos e subsinóticos assim como por alguns fatores associados à circulação de

grande escala e às circulações locais da América do Sul (Climanálise, 1986).

Durante o verão no Hemisfério Sul, as Regiões Sul e Sudeste do Brasil sofrem períodos de intensa precipitação. Essas chuvas estão associadas à chamada Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que é caracterizada por uma banda de nebulosidade com orientação NW-SE, estendendo-se do Brasil Central até a Região Central do Atlântico Sul, sobretudo entre outubro e março (Silva e Gandú, 1996). Casarin e Kousky (1986) observaram que períodos de verânico no Rio Grande do Sul frequentemente estão associados ao estacionamento da ZCAS mais ao norte, quando podem ocorrer períodos prolongados (10 ou mais dias) de chuvas intensas.

Um outro aspecto que deve ser considerado na climatologia da Região Sul é a formação de bloqueios no escoamento atmosférico. De acordo com Rex (1950), bloqueio é uma situação em que a propagação para oeste das correntes zonais das latitudes médias são bloqueados pelo desenvolvimento de um anticiclone quase-estacionário de grande amplitude. Quando esta alta se estabelece, torna-se persistente e impede a propagação dos sistemas transitórios, tais como frentes, ciclones e anticiclones. A região onde a alta de bloqueio atua é caracterizada por céu livre de nebulosidade e a temperatura se mantém acima da normal.

A influência de um bloqueio, no Brasil, depende muito de sua posição. Assim, quando este encontra-se próximo da América do Sul, a Região Sul do Brasil passa por um período sem precipitação e a Região Sudeste recebe chuvas intensas. Entretanto, se o bloqueio estiver mais para oeste, sobre o Oceano Pacífico, podem ocorrer chuvas intensas na Região Sul e a Região Sudeste passará por um período de tempo bom. Segundo Casarin (1983), a frequência máxima de bloqueios ocorre no outono na Região Sul, ao passo que o mínimo ocorre no inverno e na primavera.

Nascimento e Ambrizzi (1996), estudando a ocorrência de bloqueios próximos à América do Sul, discutiram a ligação das correntes de jato com os processos de bloqueio. Para cada situação de bloqueio estudada, foi dada atenção ao posicionamento do núcleo do jato subtropical, uma vez que tal fator desempenha um papel relevante na determinação das condições sinóticas favoráveis à penetração, ou não, de sistemas frontais no território brasileiro.

O fenômeno El Niño / Oscilação Sul (ENOS) exerce um papel importante na ocorrência de anomalias climáticas na Região Sul do Brasil. Segundo Silva et al. (1992), o ENOS é um fenômeno altamente persistente, com duração típica de 2-7 anos, e responsável principalmente pela variação dos regimes pluviométricos sobre o continente. Durante os anos de El Niño, ocorre um aquecimento anômalo das águas do Oceano Pacífico, aumentando a evaporação e acentuando a convecção naquela região, tendo como conseqüência a diminuição da precipitação em algumas

regiões tropicais, favorecendo o aumento de precipitação acima da normal nas regiões subtropicais.

De acordo com Grimm et al. (1996), existem diferentes tipos de El Niño em que ocorrem anomalias de precipitação positiva ou negativa para uma mesma região. A Região Sul do Brasil apresenta várias regiões com grande coerência no que se refere a relação entre El Niño e precipitação. Segundo Grimm op. cit., regiões mais próximas do Oceano Atlântico apresentam anomalias positivas consistentes durante o inverno do ano seguinte. Estas anomalias ocorrem na maior parte da Região Sul e são determinadas pelo relevo, latitude e proximidade do oceano. Anomalias de precipitação durante o ano negativo (-) tendem a ser opostas àquelas durante o ano de El Niño, o que indica uma tendência bianual na Oscilação Sul.

Pode-se destacar, para a escala sinótica, os sistemas frontais que se deslocam do Pacífico, passam pela Argentina e seguem para o nordeste; sistemas que se desenvolvem no sul do Brasil associados a vórtices ciclônicos ou cavados em altos níveis; sistemas que se organizam no sul do Brasil com intensa convecção associada à instabilidade causada pelo jato subtropical; sistemas que se organizam no sul do Brasil resultantes de frontogênese ou ciclogênese (Climanálise, 1986).

Os sistemas frontais que se deslocam sobre o Brasil estão entre as mais importantes perturbações atmosféricas responsáveis por precipitação e mudanças de temperatura em quase todo o país (Climanálise, 1986).

A Região Sul é a região mais afetada por sistemas frontais. Segundo Oliveira (1986), os sistemas frontais são mais freqüentes quando se encontram na banda entre 20°S e 35°S. Em sua análise das interações entre os sistemas frontais e a convecção tropical sobre a Amazônia, mostra que cerca de 6 a 7 sistemas frontais por estação atingem a região costeira do sul do Brasil. O número de frentes é ligeiramente maior no período de inverno (6-7) e o mínimo ocorre em março/abril (5-6), (Oliveira, op. cit.).

Na retaguarda da passagem dos sistemas frontais é, freqüentemente, observada a formação de um cavado no setor norte do anticiclone que segue a frente fria, em latitudes subtropicais. Esses cavados são chamados cavados invertidos por terem o formato de V no Hemisfério Sul. Segundo Fernades e Satyamurty (1994), a sua ocorrência se dá na região centro-leste da América do Sul, ao sul de 20°S, mais precisamente sobre a Região Sul do Brasil, Paraguai e nordeste da Argentina.

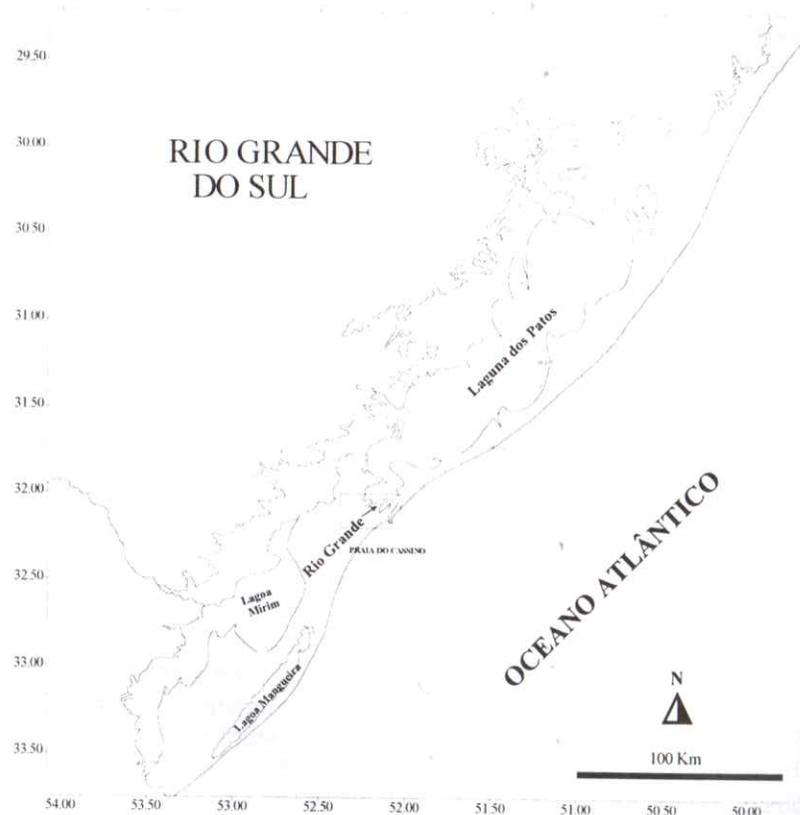
### 3. Área de Estudo

A Região Sul do Brasil é formada pelos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, totalizando uma área aproximada de 577.723 km<sup>2</sup>. Está delimitada pelos paralelos de 22°30' e 51°30' de

longitude sul e pelos meridianos de 48°00' e 57°30' de longitude oeste. Sua posição, na fronteira entre as latitudes subtropicais e as latitudes médias e à borda oeste do Atlântico, confere um papel importante no condicionamento climático da Região Sul (Climanálise, 1986).

O município do Rio Grande está localizado na Planície Costeira do Rio Grande do Sul (Figura 1), entre os paralelos 31°47'02" e 32°39'45" de latitude sul e entre os meridianos de 52°03'10" e 52°44'10" de longitude oeste. O município tem uma área de 3.338,335 km<sup>2</sup> dividida em cinco distritos: 1° Distrito, Cidade do Rio Grande e Balneário do Cassino; 2° Distrito, Ilha dos Marinheiros e ilhas menores (Ilha das Pombas, dos Cavalos, da Pólvora, Leonídio, Caldeirão, das Cabras e Constância); 3° Distrito, Povo Novo, Torotama, Mosquito e Martin Coelho; 4° Distrito, Taim; 5° Distrito, Vila da Quinta. Limita-se ao Norte com o Município de Pelotas e a Laguna dos Patos, ao sul com Santa Vitória do Palmar, a leste com o Oceano Atlântico e a oeste com Pelotas e Arroio Grande através da Lagoa Mirim e Canal de São Gonçalo.

Figura 1 – Localização da área de estudo.



O ambiente praiado da região estende-se dos molhes da barra ao Chui, e de São José do Norte à Tramandai, ao norte. Apresenta uma extensão praiado contínua de 69 km, chamada de Praia do Cassino, projetando-se latitudinalmente da raiz do molhe oeste até o Farol Sarita (32°39'45" latitude sul).

A cidade do Rio Grande tem a densidade demográfica de 51,65 hab/km<sup>2</sup>. O município do Rio Grande, por razões históricas de ocupação e posse da terra, pela condição portuária e pela função industrial do centro urbano, possui uma população predominantemente urbana, registrando, por consequência, elevado grau de urbanização (Rangel et al., 1996).

Os três meses mais chuvosos registrados na Estação Meteorológica do Rio Grande, com base em dados do período de 1958-1978, são julho, agosto e setembro, e o trimestre mais seco corresponde aos meses de outubro, novembro e dezembro (Hada e Rao, 1986).

A predominância dos ventos regionais deve-se principalmente a dois sistemas de alta pressão que atuam na região, o Anticiclone Tropical do Atlântico Sul e o Anticiclone Migratório Polar (Nimer, 1977). O estudo do regime dos ventos na costa do Rio Grande do Sul foi investigado por Tomazelli (1993) que analisou os dados de três estações meteorológicas nas cidades litorâneas de Torres, Imbé e Rio Grande, correspondentes a um período de 13 anos (1970 a 1982). Os estudos mostraram que, em Rio Grande, o vento predominante o ano inteiro é o de nordeste, sendo mais intenso nos meses de verão e primavera. Os ventos secundários, de oeste e sudoeste, são mais freqüente nos meses de inverno. Estes resultados concordam com estudos realizados por Braga (1997), sobre a análise da variabilidade do vento em Rio Grande no período de 1992 a 1995. Neste trabalho, as autoras identificaram, para o período estudado, que a velocidade dos ventos foi em média de 8 km h<sup>-1</sup>, podendo alcançar 85 km h<sup>-1</sup>, com direção predominante de nordeste.

Estudos realizados por Britto e Krusche (1996), mostraram que a média mensal das frentes frias em Rio Grande nos anos de 1993 a 1995 é de 16 frentes por estação. As estações apresentam freqüência um pouco menor, no verão dez (10), no outono onze (11), aumentando no inverno para treze (13) e primavera doze (12), quando as frentes frias são mais intensas, o que sugere que a precipitação, nesta região, seja predominantemente de origem frontal.

#### 4. Dados e Metodologia

Foram utilizadas as séries temporais de 1988 a 1998 das taxas de precipitação, pressão atmosférica, temperatura e umidade do ar no período de inverno. Os dados utilizados foram da Estação Meteorológica de Superfície nº83995, do Instituto Nacional de Meteorologia, localizado no Campus da Fundação Universidade Federal do Rio Grande.

Foi realizada a análise dos dados de pressão atmosférica, temperatura e umidade específica do ar através da média diária. Foi analisado o total de precipitação somente com valores acima de 0,5 mm, que é obtida pela soma do recolhimento da precipitação das 12 UTC (Universal Time Coordinates) do dia e a precipitação das 18 UTC e 21 UTC do dia anterior.

O método utilizado para analisar a passagem de frentes frias baseia-se na queda acentuada de pressão, simultaneamente a queda de temperatura e aumento da umidade. O período utilizado para análise teve início no dia em que a pressão atmosférica estava mais alta e o término de análise no dia em que a pressão atmosférica estava mais baixa, registrando-se então as variações de pressão, temperatura e umidade específica do ar.

Neste trabalho, foi utilizada a variável umidade específica no lugar de umidade relativa, pois a variação de umidade relativa está associada tanto com a variação de densidade do vapor d'água quanto com a variação de temperatura, podendo, sob uma determinada temperatura, passar uma idéia errônea da quantidade de vapor d'água contida na massa de ar.

#### 4.1. Distribuição de Freqüência da Precipitação

De posse dos dados, foi calculada a taxa de precipitação por sistema frontal. Os dados de precipitação foram analisados estatisticamente através do cálculo da classe e do intervalo e freqüência da mesma classe.

Para classificar a precipitação em freqüência de classe, foi usado a fórmula do algoritmo de Sturges, que segundo Gerardi e Silva (1981), é um artifício para a definição do número de intervalos de classe adequado para uma seqüência numérica, já clássico e de uso bastante difundido em razão de sua simplicidade. Como regra geral esse número é dado por:

$$K = 1 + 3,3 [ \text{Log} (N) ] \quad (1)$$

Onde K é o número de classes e N é o número de ocorrências. O valor de N é igual a 113. Pelos critérios utilizados, encontrou-se um valor para K igual a oito.

Definido o número de classes, foi feito o cálculo do intervalo para achar a amplitude de classes, determinado pela relação:

$$\text{Int} = \frac{\text{valor máximo} - \text{valor mínimo}}{K} \quad (2)$$

Onde Int é o intervalo de classe. O valor máximo da série de dados de precipitação é igual a 170,9 mm e valor mínimo é igual a 0,6 mm. Logo, determinou-se um valor para o intervalo igual a 21,3.

Foi efetuada, a seguir, a distribuição de freqüência, que, conforme Assis et al. (1996), é o resumo tabular de um conjunto de dados brutos arranjados em classes ou categorias onde é determinado o número de elementos pertencentes a cada uma das classes, denominado de

freqüência de classe. Com isso, foi possível calcular a freqüência percentual de cada intervalo de classe.

Para determinar a influência do fenômeno El Niño sobre a precipitação, foram comparados o total de precipitação com o total de precipitação por sistema frontal da série temporal 1988-1998 e comparados com os anos de El Niño (1991-1992 / 1997-1998), quantificando o número de sistemas frontais que atuaram neste mesmo período.

#### 4.2. Análise de Componentes Principais

Para encontrar quais as variáveis meteorológicas (pressão, temperatura ou umidade específica do ar) influenciam mais na precipitação, utilizou-se a Análise de Componentes Principais (ACP), que consiste em uma ferramenta estatística para análise de conjunto de dados multivariados, baseada na álgebra linear, sendo muito usada em estudos que envolvem fenômenos naturais.

Segundo Braga (1992), diferentes trabalhos fizeram uso da Técnica de Análise de Componentes Principais. Braga e Silva (1990), Ceballos e Braga (1991), dentre outros, a empregaram em uma variedades de situações meteorológicas.

A idéia central da ACP é reduzir a dimensão de um conjunto de dados composto de um grande número de variáveis interrelacionadas, transformando-o em um novo grupo de variáveis denominadas componentes principais, que não são correlacionadas. A ACP permite não só a redução da dimensão da matriz de dados, mas também investiga o comportamento espacial e temporal das variáveis envolvidas no problema, bem como detecta grupos de variáveis que apresentam comportamento homogêneo (Braga, op. cit.).

Os dados analisados neste trabalho foram organizados, segundo a ACP, a partir de uma matriz de dados  $n \times p$ , onde cada linha representa um caso (sistema frontal) com uma determinada taxa de precipitação medida em um total de 113 casos e cada coluna uma variável observada, das  $p$  variáveis.

Primeiramente, a matriz de dados foi padronizada pela subtração de cada valor da média da respectiva variável dividindo-se pelo desvio padrão das mesmas. O método de ACP tem como ponto de partida a Matriz de Correlação entre as variáveis padronizadas. A seguir são obtidos os autovalores, que representam as variâncias das componentes principais, que somados se igualam ao número de variáveis ( $p$ ) ou ao traço (soma dos elementos da diagonal principal) da matriz de correlação. A cada autovalor não nulo corresponde uma componente com poder explanatório de informações expresso em percentual de variância total.

Foi utilizado o Programa Statistica (1998), para fazer aplicação destes cálculos.

## 5. Resultados e Discussão

De acordo com os resultados obtidos na Tabela 1, 93% de precipitação foi conseqüência dos sistemas frontais que atuaram na estação de inverno, no período de 1988-1998 na cidade do Rio Grande.

**Tabela 1 - Quantidade de precipitação na estação de inverno.**

Ano	Precipitação (mm)			Freqüência (%)
	Total	Sistema Frontal	Outros	Sistema Frontal
1988	177,6	172,3	5,3	97
1989	162,3	161,5	0,8	99,5
1990	109,9	105,5	4,4	95,9
1991	256,4	187,7	68,7	73,2
1992	323,8	319,4	4,4	93,6
1993	332,9	314,4	18,5	94,4
1994	264,2	241,7	22,5	91,4
1995	683,6	659,9	23,7	96,5
1996	190,3	175,7	14,6	92,3
1997	397,6	396,2	1,4	99,6
1998	641,7	571	70,7	88,9

Como pode ser visualizado na tabela 2, a precipitação foi dividida em oito classes ( $K=8$ ). No período de 1988-1998, observou-se que as precipitações associadas aos sistemas frontais acima de 64,8 mm não possuem freqüência significativa (Figura.2). Para a estação de inverno, as maiores ocorrências de precipitações encontram-se nos intervalos entre 0,6 e 21,1mm e 22 e 43,3mm.

A maior variação de pressão encontrada para a região foi de 24,6 mb no intervalo de classe da precipitação entre 129 e 150,3 mm. Conforme mostra a figura 3, a menor variação foi de 7,8 mb no intervalo de classe entre 86,2 e 107,5 mm. A maior variação de temperatura obtida foi de 8,8 °C no intervalo de classe da precipitação entre 129 e 150,3 mm. A menor variação encontrada foi de 2,1 °C no intervalo de classe entre 86,2 e 107,5 mm. A maior variação de umidade específica observada foi de 7,1 g/kg no intervalo de classe da precipitação entre 129 e 150,3 mm. E a menor variação encontrada foi de 2,4 g/kg no intervalo de classe entre 86,2 e 107,5 mm.

**Tabela 2 - Freqüência dos intervalos de classes da precipitação.**

Classe (K)	Intervalo	Freqüência	Freqüência (%)
------------	-----------	------------	----------------

1	0,6 – 21,9	56	49,5
2	22,0 – 43,3	38	33,6
3	43,4 – 64,7	11	9,7
4	64,8 – 86,1	2	1,7
5	86,2 – 107,5	1	0,8
6	107,6 – 128,9	2	1,7
7	129,0 – 150,3	1	0,8
8	150,4 – 171,7	2	1,7

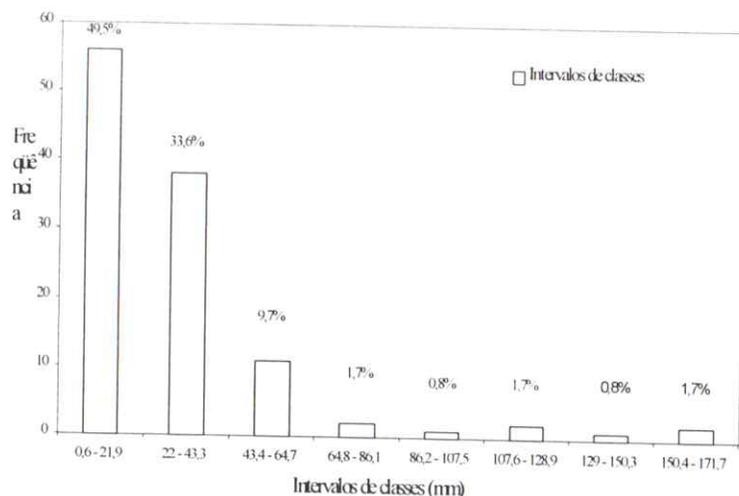


Figura 2 - Intervalos de classes da precipitação.

### 5.1. Análise de Componentes Principais (ACP)

A ACP indicou que a variabilidade dos dados é explicada por duas componentes, com características elementares básicas que representam 91% dos dados analisados. A tabela 3 mostra a porcentagem do total da variância explicada pelas três componentes encontradas neste estudo. Cada componente representa um conjunto de variáveis que caracteriza a precipitação associada aos sistemas frontais no conjunto de dados analisados.

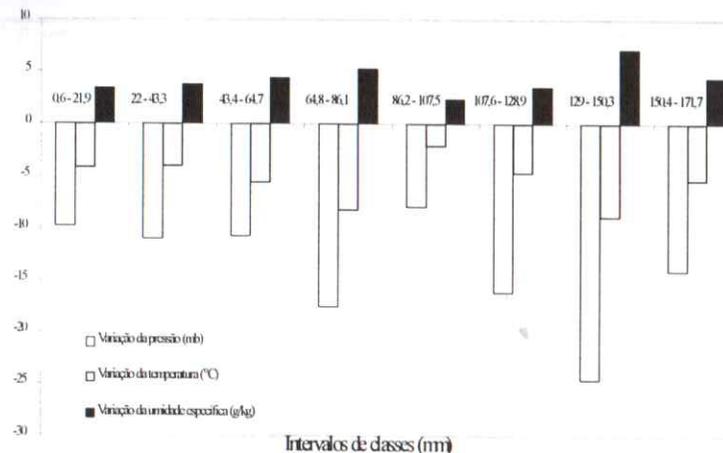


Figura 3 – Variações da pressão atmosférica, temperatura e umidade específica do ar nos intervalos de classes da precipitação.

A análise indica que a variabilidade dos dados pode ser explicada pelas duas primeiras componentes que possuem os autovalores maiores ou próximos de 1. A primeira componente explica mais de 67% da variabilidade dos dados e a segunda componente 24%. As duas primeiras componentes explicam mais de 91% da variância dos dados. E a terceira componente explica 8%.

Tabela 3 – Autovalores para cada uma das três componentes.

Componentes	Autovalores	% da Variância Total	Autovalores Acumulados	% da Variância Acumulada
1	2,02	67,40	2,02	67,40
2	0,73	24,49	2,76	91,89
3	0,24	8,11	3,00	100,00

Usando como ferramenta a ACP pode-se fazer uma análise fatorial dos mesmos dados (fator 1, fator 2 e fator 3). As cargas de cada fator podem ser obtidas a partir de ACP, como foi feito anteriormente, e estão representadas na tabela 4.

Observando a tabela 4, a variável que explica o fator 1 é a temperatura representando 91%. O fator 2 é explicado pela variável pressão que representa 98%, e o fator 3 é explicado pela variável umidade específica do ar que representa 88%.

Tabela 4 – Cargas das variáveis em cada fator.

Variáveis	Fator 1	Fator 2	Fator 3
Umidade	-0,42	-0,21	0,88
Específica	0,91	0,15	-0,39
Temperatura	0,13	0,98	-0,17
Pressão			

Após obtermos os valores das componentes principais z1 e z2 e sabendo que juntas explicam 91% da variabilidade dos dados originais, construímos um gráfico bidimensional plotando todos os casos de sistemas frontais em função destas componentes (Figura 4).

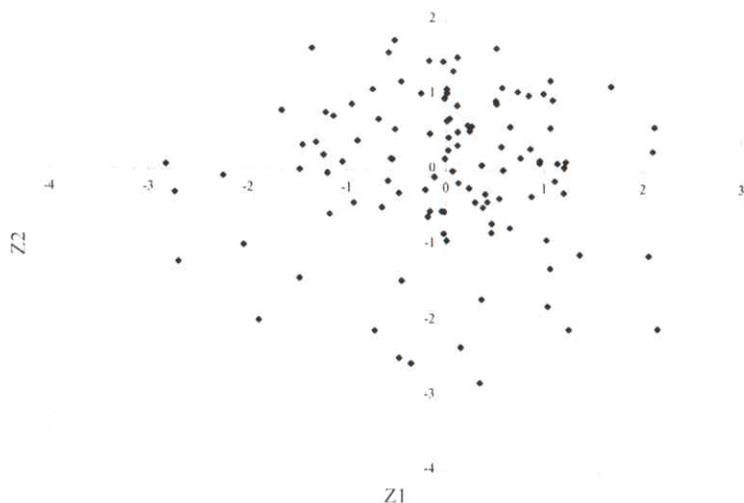


Figura 4 – Gráfico de dispersão dos valores de z1 e z2 para os casos analisados.

Observando a figura 4, observa-se que não ficou bem claro a separação entre os casos estudados. Percebe-se que existem casos que são mais dispersos. E casos que ficam próximos a origem, sugerindo uma homogeneidade entre eles.

## 5.2. INFLUÊNCIA DOS SISTEMAS FRONTAIS NAS TAXAS DE PRECIPITAÇÃO EM ANOS COM E SEM EL NIÑO

A precipitação por sistema frontal atingiu aproximadamente 96,5% de pluviosidade total. Conforme os resultados obtidos (Figura 5), as maiores precipitações observadas ocorreram durante o inverno de 1995, sendo este considerado como um episódio de fraca La Niña (Marengo e Oliveira, 1998). A alta precipitação para o ano de 1995 ocorreu devido à atuação de bloqueios atmosféricos. Segundo Nascimento e Ambrizzi

(1996), o inverno de 1995 apresentou condições consideradas atípicas em relação ao regime de inverno, particularmente na Região Sul. Este fator impediu o avanço dos sistemas frontais pelo continente, provocando precipitações acima da média no Sul do Rio Grande do Sul.

No inverno de 1998, considerado um evento de intenso El Niño (Oliveira e Satyamurty, 1998), a precipitação por sistema frontal atingiu aproximadamente 88,9% da precipitação total ocorrida. Uma das possíveis causas da alta precipitação para 1998, foi o alto número de sistemas frontais (12) que atingiram a região no período de inverno (Figura 6) e o aumento da intensidade nestes sistemas, típicos de anos de El Niño.

Como pode ser visualizado na figura 6, o ano de 1992, considerado um ano de El Niño fraco (Oliveira e Satyamurty, 1998), apresentou a maior frequência de sistemas frontais. Porém, a precipitação foi baixa em relação aos anos de 1995 e 1998. A precipitação no inverno de 1992 não foi tão significativa possivelmente devido à Alta Tropical Continental não ter estado tão intensa, permitindo a passagem dos sistemas frontais. Tal resultado concorda com resultados encontrados por Cavalcanti, 1998.

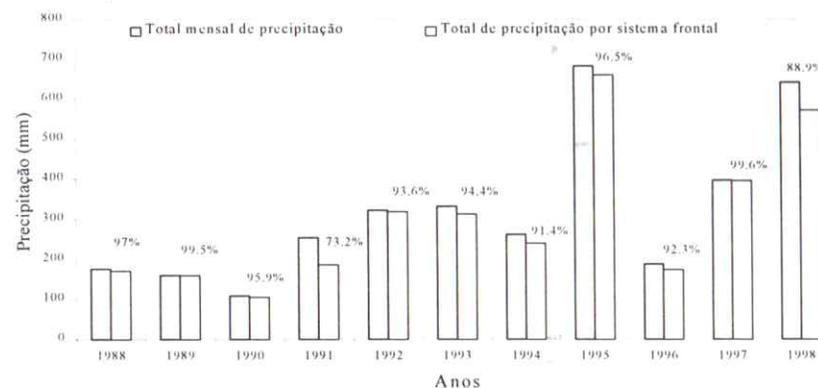
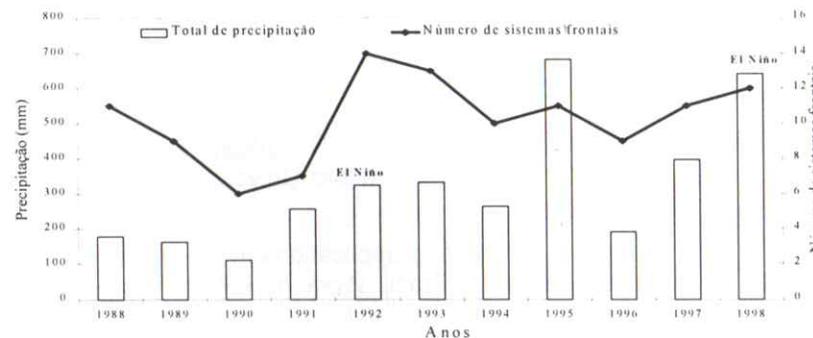


Figura 5 – Análise comparativa entre o total de precipitação e o total de precipitação por sistema frontal, nos meses de inverno.



**Figura 6 – Análise comparativa entre o total de precipitação e o número de sistemas frontais com os anos de El Niño, nos meses de inverno.**

## 5. Conclusões

A precipitação na cidade do Rio Grande no período de 1988-1998 na estação do inverno é basicamente por origem frontal. De acordo com os resultados obtidos nesse período, foram analisados 113 sistemas frontais. O inverno do ano de 1995 foi o que apresentou a maior taxa de precipitação (683,6 mm).

As precipitações que apresentam maior frequência ficam na faixa entre 0,6 e 21,9mm. Conclui-se assim, que a precipitação no inverno, por cada sistema frontal na região em estudo, é baixa.

O conjunto de dados estudados de precipitação pode ser representado por duas componentes principais, que juntas explicam 91% da variabilidades dos dados analisados. A variável meteorológica que mais influencia na precipitação associada aos sistemas frontais encontrada neste estudo foi a temperatura, seguida pela variável pressão atmosférica e umidade específica do ar. Sabe-se que a idéia central da ACP é reduzir a dimensão de um conjunto de dados, porém também é conhecido que os sistemas frontais são identificados pela variação de três variáveis meteorológicas (temperatura, pressão e umidade do ar). Neste estudo, o objetivo principal, não foi o de reduzir o número de variáveis e sim encontrar quais, das três variáveis, mais influenciam na precipitação.

A alta pluviosidade observada no ano de 1998 está associada à alta frequência de frentes frias e a intensificação das mesmas devido ao forte evento El Niño. O ano de 1995 apresentou um total de precipitação mais elevado na série estudada (1988-1998). Mesmo não sendo um ano de El Niño, apresentou um comportamento semelhante ao ano de 1998, devido a atuação de bloqueios no litoral sul da Região Sul.

A ocorrência de intensa precipitação na Região Sul não parece estar somente associada com a presença de El Niño, está também relacionada a situações meteorológicas nas quais as frentes frias que atingem a região tornam-se estacionárias devido a formação de bloqueios, impedindo a propagação destes sistemas.

## 6. Bibliografia

ASSIS, F. N.; ARRUDA, H. V.; PEREIRA, A. R. *Aplicação de Estatística a Climatologia: Teoria e Prática*. Pelotas, Editora Universitária, Universidade Federal de Pelotas, 1996.

BERLATO, M. The climate forecasting applications in the decision-making process for the Southern Region of Brazil. *Workshop Report on ENOS and Seasonal to Inter-annual Climate Variability, Socio-Economic Impacts,*

*Forecasting and Applications to the Decision Making Process*. Florianópolis-Santa Catarina, Brazil, 14-16 setembro, 1992.

BRAGA, C. C.; SILVA, B. B. Determinação de regiões pluviometricamente homogêneas no Estado da Paraíba. *Anais: VI Congresso Brasileiro de Meteorologia*. Salvador, v. 01, pp: 200-205, 1990.

BRAGA, C. C. Classificação de regiões pluviometricamente homogêneas através da Análise Multivariada. *Anais: VII Congresso Brasileiro de Meteorologia*. São Paulo, v. 01, pp: 238-242, 1992.

BRAGA, F. S. *Análise da variabilidade do vento em Rio Grande – RS, no período de 1992 a 1995*. Monografia de Conclusão de Curso de Oceanologia, Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 70p., 1997.

BRITTO, F.; KRUSCHE, N. Frequência e intensidade das frentes frias em Rio Grande. *Anais: IX Congresso Brasileiro de Meteorologia*. Campos do Jordão, v. 01, pp: 185-188, 1996.

CASARIN, D. P. *Um estudo observacional sobre os sistemas de bloqueio no Hemisfério Sul*. INPE – 2638 – TDL/114, 1983.

CASARIN, D. P.; KOUSKY, V. E. Anomalias de precipitação no Sul do Brasil e variações na circulação atmosférica. *Revista Brasileira de Meteorologia*. V. 02, pp: 83-90, 1986.

CAVALCANTI, I. F. A. Episódios El Niño/Oscilação Sul durante a década de 1986 a 1996 e suas influências sobre o Brasil. *Climanálise Especial 10 Anos*. Instituto de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1998.

CEBALLOS, J. C.; BRAGA, C. C. Simulação de séries temporais de irradiação solar: Uma aplicação ao Estado da Paraíba. *Serimet*. DCA/UFPb, N° 3, 92p., 1991.

FERNADES, K. A.; SATYAMURTY, P. Cavados invertidos na região central da América do Sul. *Anais: VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia e II Congresso Latino-Americano e Ibérico de Meteorologia*. Belo Horizonte, v. 02, 1994.

GERARDI, M. H.; SILVA, B. C. N. *Quantificação em Geografia*. Difel, São Paulo, 1981.

GRIMM, A. M.; TELEGINSKI, S. E.; FREITAS, E. D.; COSTA, S. M.; FERLIZI, P. G.; GOMES, J. Anomalias de precipitação no Sul do Brasil em eventos El Niño. *Anais: IX Congresso Brasileiro de Meteorologia*. Campos do Jordão, v. 02, pp: 1098-1102, 1996.

HADA, K.; RAO, V. B. In: CLIMANÁLISE, Boletim de Monitoramento e Análise Climática. *Número Especial*. Instituto de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 124p., 1986.

- MARENGO, J.; OLIVEIRA, G. S. Impactos do fenômeno La Niña no tempo e clima do Brasil: desenvolvimento e intensificação de La Niña de 1998/99. Anais: X Congresso Brasileiro de Meteorologia. Brasília e VII Congresso da FLISMET. Arquivo: EN98006, Brasília, Distrito Federal, 1998.
- NASCIMENTO, E. L.; AMBRIZZI, T. Aspectos dinâmico-sinóticos associados a ocorrência de loqueios próximos à América do Sul no Inverno de 1995. Anais: IX Congresso Brasileiro de Meteorologia. Campos do Jordão, v. 01, pp: 405-408, 1996.
- NIMER, E. *Climatologia do Brasil*. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, IBGE, 2ª Edição, Rio de Janeiro, 421p., 1977.
- OLIVEIRA, A. S. *Interações entre sistemas frontais na América do Sul e a convecção da Amazônia*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Pesquisas Espaciais, 134p., 1986.
- OLIVEIRA, G. S.; SATYAMURTY, P. O El Niño de 97/98: Evolução e impactos no Brasil. Anais: X Congresso Brasileiro de Meteorologia e VII Congresso da FLISMET. Arquivo: EN98005, Brasília, Distrito Federal, 1998.
- RANGEL, S.; VIEIRA, E.; FARINA, F.; NÓBREGA, M. *O Município do Rio Grande: Situação Sócio-Demográfica*. Folder, 1996.
- REX, D. F. Blocking action in the middle troposphere and its effect upon regional climate. *Tellus*. Part I, Part II; v. 02, 1950.
- SILVA, P. R.; AZEVEDO, P. V.; CEBALLOS, J. C. Incidência de El Niño – Oscilação Sul sobre a precipitação no Nordeste do Brasil. Anais: VII Congresso Brasileiro de Meteorologia. São Paulo, v. 01, pp: 100-103, 1992.
- SILVA, W. B.; GANDÚ, A. W. Análise diagnóstica do jato sub-tropical, durante a evolução da Zona de Convergência do Atlântico Sul. Anais: IX Congresso Brasileiro de Meteorologia. Campos do Jordão, v. 01, pp: 373-377, 1996.
- TOMAZELLI, L. J. O regime de ventos e a taxa de migração das dunas eólicas costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil. *Pesquisas* (CECO, IG, UFRGS). Porto Alegre, 20 (01), pp:18-26, 1993.